

JUNIO 1974

**LA RESPUESTA DEL TRIGO AL NITROGENO Y FOSFORD
Y EL EFECTO DE OTROS FACTORES DE PRODUCTIVIDAD**

WALTER COUTO



**MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"
LA ESTANZUELA - COLONIA - URUGUAY**

**LA RESPUESTA DEL TRIGO AL NITROGENO Y FOSFORO
Y EL EFECTO DE OTROS FACTORES DE PRODUCTIVIDAD**

WALTER COUTO



**MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"
LA ESTANZUELA - COLONIA - URUGUAY**

LA RESPUESTA DEL TRIGO AL NITROGENO Y FOSFORO Y EL EFECTO DE OTROS FACTORES DE PRODUCTIVIDAD *

Walter Couto**

RESUMEN ANALITICO

Se analiza un conjunto de ensayos realizados con trigo en diferentes lugares durante cuatro años, en los que se estudió la respuesta a niveles de fertilización nitrogenada y fosfatada y el efecto de algunos factores del suelo, del cultivo y climáticos, sobre los rendimientos.

Del análisis realizado se concluye que la respuesta a la fertilización fue significativa, pero la variación de rendimientos observada no puede ser explicada satisfactoriamente por la fertilización, interviniendo otros factores que los modifican. Entre los factores considerados en el trabajo, el cultivo anterior y las precipitaciones registradas en ciertos períodos del cultivo, son los que más contribuyen a explicar la variación de rendimientos.

SYNOPSIS

Results of an experiment with wheat in several locations repeated four years are analyzed. The response to different levels of nitrogen and phosphorus and the effect of some soil, crop and climate factors over yield response are studied.

Fertilizer response was significant but yield variation was not correctly explained by fertilizer alone, since other productivity factors modified the results. Previous crop and rain registered in some growing periods were the most important contributors to yield variation.

*Impreso en el Ministerio de Ganadería y Agricultura
Dirección de Suelos y Fertilizantes
Garzón 456
Montevideo, República Oriental del Uruguay*

Depósito Legal Nº 37.283

* Recibido para su publicación en 1971

** Técnico del Programa de Suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger"

INTRODUCCION

El conocimiento de la respuesta de un cultivo al agregado de fertilizantes constituye la información más segura para formular recomendaciones de uso de fertilizantes.

Para las condiciones particulares de un lugar, los niveles de fertilización modifican los rendimientos en forma considerable, constituyendo el factor más importante desde el punto de vista de la variación de rendimientos observada entre parcelas.

Cuando se considera un conjunto de lugares o sitios, intervienen factores de productividad dependientes del uso y manejo del suelo y del cultivo, propios de cada lugar considerado. En estas circunstancias, los fertilizantes introducen sólo una parte de la variabilidad observada en el conjunto de experimentos. Si se considera un número mayor de ensayos distribuidos en varios años, los rendimientos de un mismo tratamiento en diferentes sitios y diferentes años pueden ser muy variables como consecuencia de diferentes condiciones climáticas, época de siembra, etc. En ese caso, los fertilizantes sólo pueden explicar una pequeña parte de la variación de rendimientos con respecto a la media general del conjunto de ensayos.

Cuando se dispone de observaciones sobre factores de productividad cuantificables, un análisis de regresión múltiple que incluya todos esos factores permitirá identificar aquellos que más contribuyen a modificar los resultados, señalando su contribución relativa desde el punto de vista de los rendimientos. Se pueden identificar de este modo aquellos factores modificables por el hombre, que deben ser considerados a los fines de la producción o cuyo efecto merece ser objeto de futuros programas de investigación.

En el presente trabajo se ha intentado aplicar estos conceptos al estudio de la respuesta del trigo a los fertilizantes nitrogenados y fosfatados, en condiciones de campo, en suelos similares y en un área relativamente reducida, próxima a La Estanzuela.

Se procuró obtener una estimación de la respuesta del trigo a los fertilizantes en las condiciones del área, con el objeto de determinar los niveles adecuados de fertilización para las condiciones corrientes de la zona. Se ha intentado además detectar el efecto de algunos factores que condicionan los rendimientos y que podrían contribuir a explicar en parte, la variabilidad de éstos en diferentes lugares o años.

Los resultados del primer año del experimento, expresados a través de funciones de respuesta del trigo a los fertilizantes y los niveles óptimos de fertilización han sido presentados en un trabajo anterior (3). En el presente trabajo se presenta el análisis combinado de todos los ensayos realizados en los cuatro años que duró el experimento, considerándose el efecto de otros factores de productividad.

MATERIALES Y METODOS

El experimento consistió en una serie de ensayos de fertilización con varios niveles de nitrógeno y fósforo. Se seleccionaron campos representativos de un suelo pardo de pradera desarrollado sobre Libertad, predominante en el área de La Estanzuela. De acuerdo a la descripción realizada en el Informe Provisorio sobre los Suelos del Área de La Estanzuela, elaborado por el Programa de Estudio y Levantamiento de Suelos (5) se caracterizan por un horizonte superficial pardo grisáceo de 30 cm de profundidad, medianamente pesado, seguido por un horizonte pardo grisáceo muy oscuro, pesado, con estructura de bloques subangulares. Presenta moteado muy intenso y abundantes concreciones de hierro y manganeso. Le sigue un horizonte de 15 cm de color pardo oscuro, pesado, con bloques subangulares.

El material madre está constituido por un limo muy arcilloso que incluye normalmente arena gruesa, gravilla y excepcionalmente cantos dispersos, sin estratificación (1).

Los tratamientos de fertilización consistieron en la aplicación de superfosfato y urea en las cantidades requeridas para obtener niveles de 0, 30, 60 y 90 Kg/Há de N y P_2O_5 en los ensayos instalados en 1965; y 18, 30, 60, 90 y 102 Kg/Há de N y P_2O_5 en los demás ensayos. La aplicación del fertilizante se realizó al voleo, incorporándose luego con disquera, realizándose la siembra en las mismas condiciones que el resto de la chacra. Las parcelas fueron de 5 m x 50 m en los ensayos realizados en 1965 y 1966 y de 2 m x 20 m en los restantes ensayos.

El cultivo fue trigo de la variedad Klein Impacto y Estanzuela Sabiá en los ensayos realizados en 1965 y 1966; en 1967 y 1968 se empleó exclusivamente la variedad Estanzuela Sabiá.

El diseño experimental utilizado en 1965 ha sido descrito en una publicación anterior (3) consistiendo en un factorial incompleto con diferente número de repeticiones para algunos tratamientos. En los años siguientes se adoptó un diseño del tipo rotatorio central compuesto propuesto por Cox y Hunter (2) cuyos niveles de fertilización se representan en la Figura N° 1.

Los tratamientos se dispusieron en los bloques, con tres repeticiones para el punto central (60-60, en Kg/Há de N y P_2O_5) en cada bloque.

Se realizó un análisis de varianza para cada ensayo separadamente, a los efectos de obtener una estimación del error experimental, ajustándose luego un modelo cuadrático de regresión sobre niveles de fertilizantes, para el conjunto de los ensayos.

En un segundo paso se consideró un modelo de regresión ampliado, incluyendo algunas variables capaces de explicar las diferencias de rendimientos entre sitios o entre años, dentro del experimento.

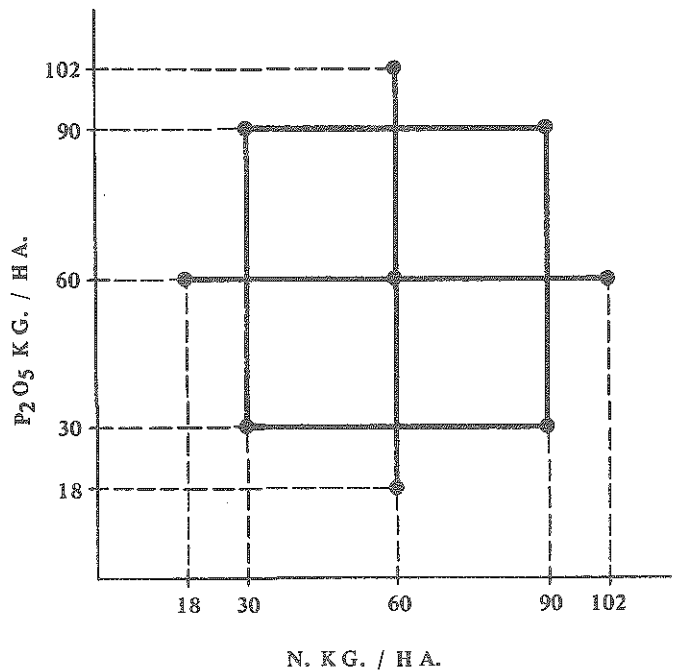


Figura N° 1 - Niveles de fertilización (1966 - 68).

RESULTADOS Y DISCUSION

Respuesta a los Fertilizantes

El análisis conjunto de las 330 observaciones correspondientes a 18 ensayos permitió estimar una función de respuesta a la aplicación de nitrógeno y fósforo para el conjunto de los cuatro años considerados.

La función estimada está dada por

$$Y = 1358 + 8.78341 N + 4.28529 P - 0.07400 N^2 - 0.04660 P^2 + 0.06693 NP$$

donde Y representa los rendimientos estimados en Kg/Há y N y P las cantidades de nitrógeno y fósforo aplicadas, en Kg/Há de N y P₂O₅ respectivamente.

En la Figura N° 2 se representan las curvas de rendimiento calculadas en base a la ecuación ajustada.

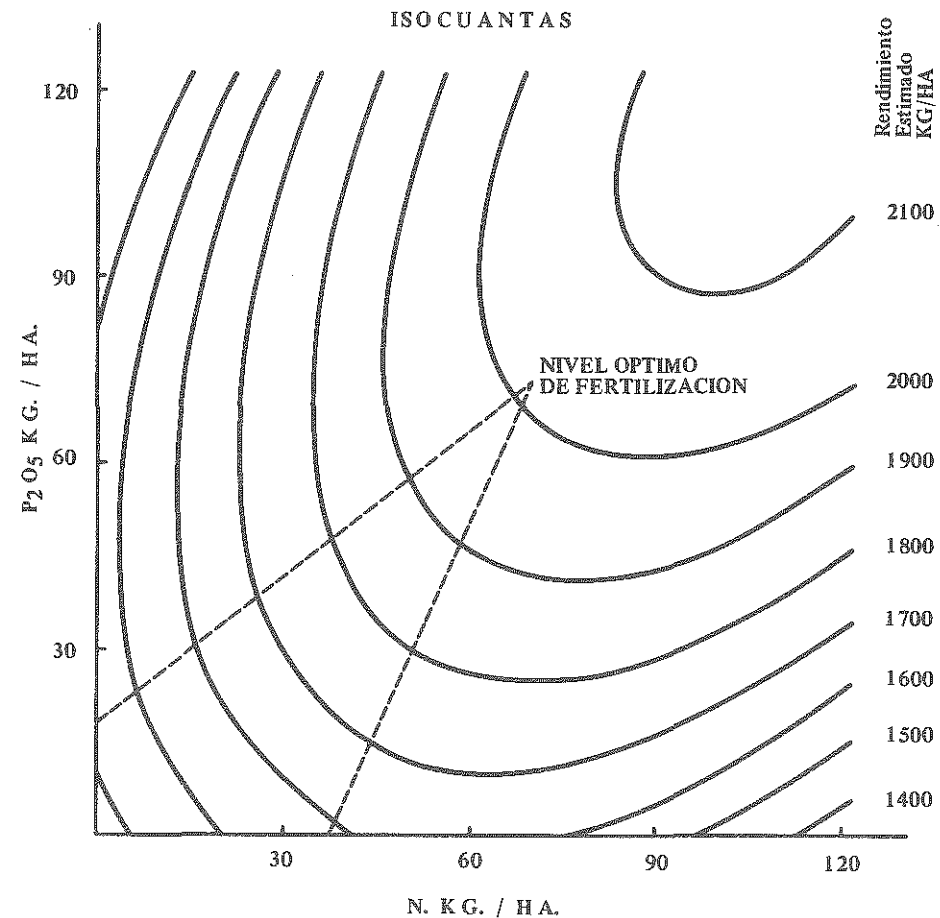


Figura N° 2 - Curvas de rendimiento estimadas.

Es de destacar que aún cuando la regresión es muy significativa en su conjunto, así como cada uno de los coeficientes separadamente, es muy reducida la parte de la variación total con respecto a la media, explicada por la regresión sobre niveles de fertilización ($P^2 = 0.09$).

Esto se observa claramente en el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1 — Análisis de varianza de la regresión de rendimientos de trigo sobre niveles de fertilización para el conjunto de los 18 ensayos

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F
Regresión	5	918.72	183.74	70.94*
Falta de ajuste	207	8.408.87	40.62	15.68*
Error experimental combinado	117	302.57	2.59	
Total	329	9.630.16		

$R^2 = 0.09$

* Significativo ($P \leq 0.05$)

Es evidente que la reducida proporción de la variación total debida a tratamientos de fertilización, puede explicarse en parte por los niveles de fertilización ensayados. En 15 de los 18 experimentos, los tratamientos de fertilización no incluyen testigos sin fertilización, lo que reduce las variaciones debidas a niveles de fertilizantes. Esto contribuye a que la mayor parte de la variación observada con respecto a la media general, sea debida a diferencias de respuesta entre lugares o a diferencias de rendimientos entre años del experimento.

Considerando en cambio la variación total de rendimiento con respecto a la media de cada experimento separadamente, se puede observar en general, que la mayor parte de ésta está explicada por los niveles de fertilización (Cuadro N° 2).

A los efectos de conocer cuales son los factores que más contribuyen a explicar la variación observada en los rendimientos cuando se consideran los resultados del conjunto de las observaciones, se ha intentado hacer un análisis de regresión combinado, considerando algunas variables de sitio y algunas variables de año.

Entre las primeras se consideraron las observaciones disponibles sobre pH del suelo, contenido de materia orgánica, fósforo asimilable, antecedentes culturales y variedades. Para algunas de estas variables (pH, materia orgánica y fósforo asimilable) se disponía de observaciones al nivel de bloque, mientras que los antecedentes culturales y variedades eran, obviamente, los mismos para un solo lugar. A los efectos de explicar parte de la variación entre años se consideraron las precipitaciones registradas en La Estanzuela como indicadoras de las precipitaciones en el área en los distintos años.

Cuadro N° 2 — Sumas de cuadrados debidas a regresión sobre niveles de fertilización y sumas de cuadrados totales correspondientes a los 18 experimentos.

Ensayo	Suma de Cuadrados debida a regresión	Suma de Cuadrados totales	R ²
65 - 2	266.45	388.24	0.63
65 - 3	256.32	676.33	0.38
65 - 4	44.61	104.55	0.43
66 - 2	105.02	124.55	0.84
66 - 3	29.81	36.08	0.83
66 - 4	55.21	88.26	0.63
66 - 5	41.77	61.89	0.67
66 - 6	32.01	40.64	0.79
66 - 8	49.55	58.33	0.85
66 - 9	59.13	69.49	0.85
67 - 2	102.72	173.61	0.59
67 - 5	104.10	176.31	0.59
67 - 6	92.00	132.68	0.69
67 - 7	106.17	146.71	0.72
67 - 9	120.74	133.92	0.90
67 - 10	52.59	150.73	0.35
68 - 4	43.55	111.19	0.39
68 - 6	32.40	101.60	0.32

Regresión general

Las variables consideradas en el análisis de regresión combinado, excluidas aquellas correspondientes a niveles de fertilización ya consideradas en el análisis preliminar, fueron las siguientes:

- x6: pH en agua, en unidades de pH medido en una suspensión agua-suelo de relación 2.5:1.
- x7: pH en cloruro de potasio, en las condiciones anteriores.
- x8: fósforo asimilable por el método de Bray N° 1, en ppm en el suelo,
- x9: Materia orgánica, en ‰ en el suelo, de acuerdo al método de Kurmies, observado en muestras representativas de bloques.
- x10: Materia orgánica, en ‰ en el suelo, promedio de bloques para un mismo ensayo.
- x11: Antecedentes culturales. Se consideró el cultivo anterior, dándole valores

de -1 cuando el cultivo era de verano o había sido un cultivo perenne, y 1 cuando el cultivo anterior era de invierno.

- x12: Antecedentes culturales. Se tuvo en cuenta la inclusión de un cultivo de leguminosas en los tres años anteriores al ensayo o la ausencia de éste, asignándose valores de 1 en el primer caso y -1 en el segundo caso.
- x13: Variedad. Se asignó valor de -1 a la variedad Klein Impacto y 1 a la variedad Estanzuela Sabiá.
- x14: Precipitaciones ocurridas durante los meses de agosto y setiembre, en mm.
- x15: Precipitaciones ocurridas durante los meses de octubre y noviembre, en mm.
- x16: Precipitaciones ocurridas durante el mes de diciembre, en mm.
- x17: Precipitaciones ocurridas entre mayo y diciembre, en mm.

Se consideraron los coeficientes de correlación de las variedades descritas y rendimientos para seleccionar las variables a incluir en la regresión múltiple de rendimientos sobre factores de sitio y de año, manteniéndose en el modelo aquellas significativamente correlacionadas con la variable dependiente. En los casos en que se observó una estrecha correlación entre variables, considerándose así cuando el coeficiente de correlación era significativo y mayor de 0.80, se eliminó del modelo aquella menos correlacionada con la variable dependiente.

De acuerdo a este criterio se eliminaron las variables x7 (pH en KCl), x9 (materia orgánica medida al nivel de bloque) y x13 (variedad).

En el caso de la variable x13 (variedad), se tuvo en cuenta además que la frecuencia de ensayos con ambas variedades en un mismo año se modificó notablemente, como consecuencia de la sustitución total de la variedad Klein Impacto por Estanzuela Sabiá por la gran susceptibilidad de aquella a la roya en los últimos años del experimento.

Se ajustó un modelo de regresión múltiple de rendimientos sobre todas las variables no desechadas de acuerdo a los criterios anteriores, incluyendo los términos lineales y cuadráticos correspondientes a niveles de fertilización. Se procedió luego a una nueva eliminación de variables, descartando aquellas no significativas de acuerdo a la prueba de "t". Se consideró en esta etapa, el cuadrado medio de las desviaciones de la regresión como una aproximación al error experimental, para el cálculo de la significancia de los coeficientes. Se eliminaron así las variables x6 (pH en agua) y x17 (precipitaciones totales ocurridas entre mayo y diciembre).

Finalmente, se ajustó un modelo general de regresión incluyendo las variables de fertilización, fósforo asimilable en el suelo, materia orgánica en el suelo, antecedentes culturales (cultivo anterior de invierno o de verano), precipitaciones en el período de macollaje (agosto y setiembre) y precipitaciones en el período de encañado y espigado (octubre y noviembre).

Los coeficientes de regresión estimados, para rendimientos expresados en 100 Kg/Há, se detallan en el Cuadro Nº 3 con los respectivos valores de "t" calculados.

Cuadro Nº 3 — Coeficientes de regresión estimados, para rendimientos expresados en 100 Kg/Há, y respectivos valores de "t" calculados.

Variable	Coefficiente	"t" calculado
intersección	609.87	16.04*
N	10.11353	10.62*
P	5.61530	7.58*
N ²	- 0.07985	- 6.90*
P ²	- 0.05244	- 4.53*
N x P	0.06148	4.10*
x8 (Bray)	- 4.37000	- 0.27
x10 (mat. org.)	5.49500	0.91
x11 (anteced.)	- 181.84700	6.53*
x14 (precip.)	3.09400	5.24*
x15 (precip.)	0.70400	2.37*

Los errores standard de los coeficientes de las variables de fertilización se calcularon en base al cuadrado medio del error experimental para el conjunto de los experimentos. Los errores standard de las variables de sitio se calcularon a partir del cuadrado medio de bloques, de acuerdo a lo propuesto por Laird y Cady (4). Para las variables de año (precipitaciones), se adoptó, como aproximación, el mismo criterio.

El análisis de varianza de la regresión, separando las sumas de cuadrados debidas a bloques y repeticiones se presenta en el Cuadro Nº 4.

Cuadro Nº 4 — Análisis de varianza de regresión de rendimientos de trigo sobre fertilizantes aplicados y otros factores de productividad

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Bloques en ensayos	33	519.54	15.74	
Repeticiones en ensayos	3	169.54	56.51	
Regresión	10	3.487.73	348.77	134.66*
Falta de ajuste	166	5.150.71	31.02	11.98*
Error experimental combinado	117	302.57	2.59	
Total	329	9.630.09		

R² = 0.36

* Significativo (P < 0.05)

Como puede observarse, la inclusión de variables de sitio y de año contribuyó a explicar una mayor proporción de la suma de cuadrados total. Comparando los resultados del análisis de varianza de la regresión general con aquellos de la regresión de rendimientos sobre niveles de fertilización únicamente, se observa que en el caso de la regresión general ésta explica el 36 % de la variación total ($R^2 = 0.36$) mientras que la regresión sobre niveles de fertilización alcanza a explicar únicamente el 9 % de la variación total ($R^2 = 0.09$).

De todos modos, la regresión ajustada sólo explica una parte reducida de la variación total, lo que limita sus posibles aplicaciones. Sin embargo, los resultados indican que cuando se consideran observaciones de varios lugares y diferentes años, los tratamientos de fertilización introducen sólo una parte reducida de la variación observada, mientras que otros factores, algunos de los cuales son controlables, dan lugar a la mayor parte de la variación.

Dentro de los factores considerados en este estudio, el cultivo anterior a la realización del ensayo y las lluvias en determinados períodos del ciclo de cultivo contribuyeron en una gran medida a explicar parte de la variación total observada. Es posible que otras variables no consideradas en este estudio puedan explicar en mayor medida parte de la variación, permitiendo un mejor ajuste del modelo de regresión a las observaciones.

Las variables x_8 y x_9 (P asimilable por el método de Bray Nº 1 y materia orgánica en el suelo, respectivamente), no resultaron significativas de acuerdo a la prueba de "t", por lo que un modelo de regresión reducido podría ajustarse sin la inclusión de esas variables.

Efecto del cultivo anterior, sobre los rendimientos

De acuerdo a la estimación de los coeficientes de regresión para el modelo general, cuando un cultivo de verano precede al trigo en la rotación, los rendimientos serían 364 Kg/Há más altos que cuando un cultivo de invierno ha sido realizado anteriormente. El resultado, aparentemente ilógico si se considera que los rendimientos son inferiores cuando el suelo ha permanecido durante el verano y el otoño sin cultivo, se explica por el tipo de explotación que realiza normalmente el productor agrícola de la zona considerada en este trabajo. En efecto, después de un cultivo de cereales de invierno o lino, el productor deja el rastrojo bajo pastoreo y lo ara generalmente muy tarde para la siembra de trigo en junio o julio. Cuando un cultivo de verano se cosecha, el suelo es roturado uno o dos meses después, prácticamente al mismo tiempo en que se habría hecho si el cultivo anterior hubiera sido trigo, cebada o lino. En esas condiciones, cuando el cultivo precedente es girasol o maíz, el suelo ha estado libre de pasto y malezas, sin pastoreo, y ha sido carpido durante el cultivo. Es posible que durante la última parte del cultivo precedente concurren mejores condiciones para una mayor acumulación de humedad, aereación y nitrificación.

Los resultados serían seguramente muy distintos si se hiciera una arada temprana después de un cultivo de invierno. En condiciones experimentales se ha observado el efecto favorable de una arada temprana sobre los rendimientos de trigo, equivalentes en ciertas condiciones a 20 kilos de nitrógeno por hectárea*

Efecto de la lluvia

El efecto de las precipitaciones sobre los rendimientos de trigo ha sido, de acuerdo al modelo de regresión considerado, muy distinto para diferentes períodos del cultivo. En todos los casos hubo mayor rendimiento como consecuencia de mayores precipitaciones durante el ciclo del cultivo, dentro del rango de precipitaciones observado en los cuatro años del experimento. Sin embargo, el efecto de un aumento de 100 mm en las precipitaciones ocurridas durante los meses de agosto y setiembre se tradujo en un incremento de rendimiento de 309 Kg/Há de trigo, mientras que el mismo incremento en las precipitaciones produjo únicamente 70 Kg/Há de aumento de rendimiento cuando ocurrieron en los meses de octubre y noviembre. La magnitud de las precipitaciones varió entre 25 mm y 152.6 mm para los meses de agosto y setiembre y entre 196.8 y 382.5 para los meses de octubre y noviembre, en los distintos años. Es posible que se hubieran observado efectos negativos sobre los rendimientos en el caso de haberse registrado precipitaciones más elevadas.

Cuadro Nº 5 — Precipitaciones registradas en dos períodos, correspondientes a diez años de observaciones (mm).

Año	Agosto y Setiembre	Octubre y Noviembre
1961	109.4	209.1
1962	184.4	124.0
1963	286.6	399.8
1964	91.1	145.7
1965	136.2	161.1
1966	25.0	106.8
1967	152.6	382.5
1968	74.6	268.1
1969	38.2	100.2
1970	123.7	209.1

* Comunicación personal de J.L. Castro, Programa de Suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger".

En el Cuadro Nº 5 se presentan los totales de las precipitaciones registradas en los meses de agosto y setiembre y en octubre y noviembre, en diez años de observaciones. Los valores están comprendidos entre 25.0 y 286.6 mm para los meses de agosto y setiembre y entre 100.2 y 399.8 para los meses de octubre y noviembre. Los valores registrados en el período considerado en este trabajo (1965-1968), para los meses de agosto y setiembre, están comprendidos entre los valores más bajos de los observados para el período de diez años, aunque solamente en dos años se observaron valores más altos. Esto explicaría el gran efecto detectado para las lluvias en este período, señalando al mismo tiempo altas probabilidades de que situaciones similares se presenten frecuentemente.

Las precipitaciones registradas en los meses de octubre y noviembre, que tuvieron un menor efecto sobre los rendimientos, fluctuaron en el período del experimento, tan ampliamente como durante los últimos diez años. Se puede señalar de acuerdo a esto, que el menor efecto de esta variable sobre los rendimientos, no ha sido únicamente consecuencia del rango de las observaciones correspondientes al período en el cual se desarrolló el experimento.

Las precipitaciones totales, ocurridas entre mayo y diciembre de cada año, estuvieron correlacionadas con las lluvias en el período de macollaje y no arrojaron un efecto suficientemente marcado sobre los rendimientos, una vez incluida aquella variable. Es de destacar además, que disponiéndose de cuatro años de observaciones la inclusión de dos variables de lluvias ocupan la mayor parte de los grados de libertad correspondientes a años.

Efecto de otros factores

Los demás factores considerados en el modelo propuesto, fósforo asimilable en el suelo y contenido de materia orgánica, no contribuyeron significativamente a la regresión. Este resultado cae dentro de lo esperado si se tiene en cuenta que los suelos considerados en este trabajo son pobres en fósforo, presentando poca variación en el contenido de este elemento. Los valores de fósforo asimilable variaron entre 1.1 y 9.8 ppm, con una media de 4.6 ppm. Los resultados fueron similares con respecto a la materia orgánica aunque los valores observados son medios a altos, comprendidos entre 2.5 y 4.7 %.

En una etapa preliminar del análisis de los resultados se eliminaron algunas variables que, aunque podrían haber contribuido a explicar una mayor parte de la variación si se hubiera incluido en el modelo final, presentaban dificultades de interpretación agronómica. Esto fue así especialmente en el caso de la variable variedad, ya que su efecto se confundía con otras variables como consecuencia de la distribución de las observaciones en los diferentes años.

La inclusión de otras variables sobre las que no se disponía de observaciones en el presente trabajo, seguramente contribuiría a explicar una mayor parte de la

variación total medida en el experimento. Entre éstas, la época y profundidad de arada, fecha de siembra, densidad de población y control de malezas aparecen como posibles variables capaces de aportar significativamente a la regresión final. Su inclusión en el modelo permitiría señalar aquellas cuyo efecto resulta más evidente y que justifican por lo tanto, más investigación en futuros trabajos. Se obtendría al mismo tiempo una estimación de su efecto sobre los rendimientos.

CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizantes ha dado lugar a aumentos de rendimiento, de acuerdo a las estimaciones realizadas para el conjunto de las observaciones en el período estudiado.

Aún cuando la aplicación de fertilizantes contribuye significativamente a aumentar los rendimientos, resulta evidente del análisis realizado que existen otros factores de productividad que modifican en mayor grado los rendimientos. Entre éstos, los antecedentes culturales, medidos a través del carácter invernal o estival del cultivo precedente, explican una buena parte de la variación de rendimiento observada. Las precipitaciones ocurridas en ciertos períodos del ciclo de cultivo representan, de acuerdo a los resultados observados, otro de los factores que contribuyen a modificar los rendimientos de trigo.

Es evidente que otras variables no consideradas en este análisis podrían contribuir a explicar una mayor proporción de la variación de rendimientos con respecto a la media general observada. Entre éstas, es posible que el método de preparación del suelo, la época de arada, fecha de siembra, control de malezas o grado de infección del cultivo por hongos patógenos, pueden contribuir a explicar una mayor proporción de esa variación.

El análisis propuesto permitiría identificar los factores de mayor importancia a considerar en nuevos trabajos de investigación y a cuantificar el posible efecto de esos factores sobre los rendimientos esperados.

Agradecimientos

El autor desea señalar su agradecimiento a Edgardo Gilles, quien despertó nuestro interés por este tipo de trabajo y participó en el análisis de los dos primeros años de experimento. A los profesores Cesáreo Villegas y Carlos González por su contribución a este trabajo, a través del diseño experimental y de tratamientos empleados el primer año del experimento. A Leo B. Raktoc por su contribución a través del diseño experimental empleado durante los tres años siguientes del experimento. Al Dr. Regie J. Laird, por las múltiples sugerencias realizadas en relación al análisis combinado de los ensayos. Al Dr. Foster B. Cady, bajo cuya dirección se realizó el análisis estadístico de todos los ensayos del experimento y el análisis combinado de los mismos, en el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Finalmente a los Ings. Agrs. Antonio Saravia y José L. Castro, a los técnicos C. Rostan y P. Márquez y a E. Romaniello y demás miembros del Programa de Suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" por su colaboración en la conducción de los experimentos.

BIBLIOGRAFIA

1. BOSSI, J. Geología del Uruguay. Montevideo, Universidad de la República, 1966. 464p.
2. COCHRAN, W.G. y COX, G.M. Experimental design. 2 ed. New York, Wiley, 1964. 611p.
3. COUTO, W. y GILLES, E. Funciones de producción de trigo con nitrógeno y fósforo en suelos pardos de pradera derivados de Arazati. In Montero, E. y Pérez Vial, S. ed. Investigación Económica y Experimentación Agrícola. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Zona Sur. Universidad Católica de Chile, 1967. 303p.
4. LAIRD, Q.J. y CADY, E.B. Combined analysis of yield data from fertilizer experiments. Agronomy Journal 61 (6): 829-834. 1969.
5. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA. PROGRAMA DE ESTUDIO Y LEVANTAMIENTO DE SUELOS. Informe provisorio sobre los suelos del área La Estanzuela. Montevideo s.f. 4p. (Mimeografiado).